

Wpływ pleśni na jakość nadruków kodów kreskowych na termotransferowych etykietach logistycznych

Stosowane w łańcuchu magazynowo – transportowym etykiety logistyczne pełnią znaczącą rolę w przemieszczaniu dóbr. Zapewniają pełną identyfikację przesyłki oraz usprawniają pracę we wszystkich ogniwach dostaw łańcucha logistycznego.

Etykieta, będąca integralną częścią opakowania, ulega narażeniom klimatycznym podczas transportu i magazynowania, szczególnie w przypadkach dostaw do krajów z klimatem tropikalnym mokrym. Zarówno wysoka temperatura, jak i wilgotność powietrza, stanowią warunki sprzyjające rozwojowi pleśni na powierzchni etykiet, powodując zmiany w nadrukach kodów.

Zmiany optyczne kodu kreskowego dotyczą głównie:

- zmian kontrastu (tło, kreski)
 - pociemnienie, przebarwienie tła,
 - utrata bądź wzrost intensywności barwy kresek
- pojawieniu się przerw w ciągłości kresek
- zmniejszeniu ostrości krawędzi kresek.

Natomiast zmiany wymiarowe kodu to przede wszystkim:

- pocienienie lub pogrubienie kresek.

Powyższe zmiany mogą prowadzić do utraty podstawowych funkcji informacyjnych etykiet logistycznych. Podjęte badania mają na celu określenie wpływu mikroflory powietrza, głównie pleśni *Aspergillus niger* i *Rhizopus nigricans*, na jakość nadruków kodów kreskowych na etykietach logistycznych w symulowanych warunkach klimatu tropikalnego mokrego.

Materiał i metody

Materiał do badań stanowiły samoprzylepne etykiety logistyczne wykonane z papieru matowego. Na etykietach znajdowały się trzy rzędy kodów kreskowych EAN/UCC-128 nadruko-

wane metodą termotransferową. Do zakażenia etykiet wykorzystano pleśnie *Aspergillus niger* i *Rhizopus nigricans*. Etykiety zakażone zarodnikami tych pleśni wraz z etykietami nie zakażonymi (próby zerowe), umieszczono w jednym pomieszczeniu, w trzech komorach klimatycznych typu „Mytron”. Przez okres 2, 4, 6, 8 tygodni pobierano jednorazowo po 4 sztuki etykiet zakażonych *A. niger*, zakażonych *R. nigricans*, oraz nie zakażonych. Pobrane etykiety poddawano ocenie organoleptycznej w celu określenia zmian widocznych dla oka, a następnie oceniano jakość kodów kreskowych za pomocą weryfikatora stacjonarnego Autoscan II. Ocenie podlegały następujące parametry:

- ogólna możliwości zdekodowania symbolu:
 - symbol przeszedł – komunikat: *symbol in spac*,
 - symbol nie przeszedł – komunikat: *symbol out spac*,
- charakterystyka właściwości optycznych symbolu:
 - względnego kontrastu nadruku (PCS),
 - odbicia światła od spacji (RI),
 - odbicia światła od kresek (Rd),
- analiza wymiarowa symbolu z wy-

znaczeniem wartości średniej odchyłki szerokości kresek od wymiaru nominalnego oraz dopuszczalnej tolerancji (ABD).

Kody kreskowe były weryfikowane przez urządzenie w trzech różnych miejscach nadruku – podczas weryfikacji wstępnej (przed zakażeniem etykiet), jak i podczas weryfikacji po 2, 4, 6 i 8 tyg. przechowywania. Należy stwierdzić, że weryfikacja wstępna wykazała wysoką jakość nadruków wszystkich badanych etykiet.

Warunki badań

1. Klimatyczne warunki badań (jednakowe dla wszystkich badanych etykiet (prób):

- temperatura $38 \pm 2^\circ\text{C}$
- wilgotność względna powietrza $90 \pm 5\%$
- oświetlenie sztuczne, włączane sporadycznie.

2. Mikrobiologiczne warunki badań przedstawiono w tabeli 1. Badanie wykonano metodą sedymentacyjną Kocha¹ przed umieszczeniem zakażonych próbek w komorach klimatycznych oraz w trakcie badań – po 8 tygodniach przechowywania.

Tab. 1 Czystość mikrobiologiczna powietrza

Nr	Liczba i rodzaj drobnoustrojów w 1 cm ³ powietrza przed badaniami		Liczba i rodzaj drobnoustrojów w 1 cm ³ powietrza w trakcie badań	
	Rodzaj	Liczba łącznie [jtk / m ³]	Rodzaj	Liczba łącznie [jtk / m ³]
1	<i>Scopulariopsis sp.</i>	$1,3 \cdot 10^2$	<i>Scopulariopsis sp.</i> <i>Rhizopus sp.</i>	$7,8 \cdot 10^2$
2	<i>Scopulariopsis sp.</i>	$2,6 \cdot 10^2$	<i>Scopulariopsis sp.</i> <i>Penicillium sp.</i> <i>Aspergillus sp.</i> <i>Cladosporium sp.</i>	$13 \cdot 10^2$
3	<i>Scopulariopsis sp.</i> <i>Penicillium sp.</i>	$5,2 \cdot 10^2$	<i>Scopulariopsis sp.</i> <i>Aspergillus sp.</i>	$9,1 \cdot 10^2$

1) komora klimatyczna służąca do przechowywania etykiet z *R. nigricans*

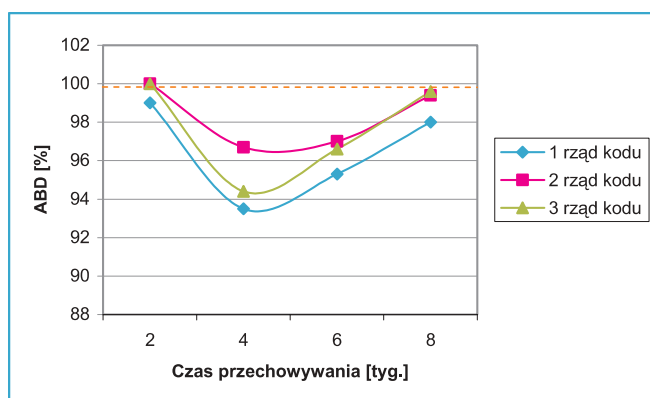
2) komora klimatyczna służąca do przechowywania etykiet z *A. niger*

3) pomieszczenie laboratoryjne

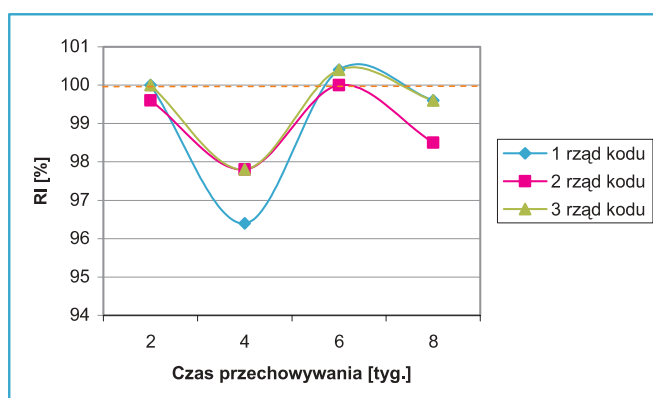
¹ Stryjawska - Sekulska M.: Materiały do ćwiczeń z mikrobiologii. Wyd. AE, Poznań 2001

Wyniki

Ocena prób zerowych po 2, 4, 6, 8 tygodniach przechowywania



Wykres 1. Zależność średniej odchyłki szerokości kreski (ABD) od czasu przechowywania dla prób zerowych



Wykres 2. Zależność współczynnika odbicia światła od spacji (RI) od czasu przechowywania dla prób zerowych

Działanie temperatury 38 ± 2 °C i wilgotności względnej powietrza $90 \pm 5\%$ nie wpłynęło znacząco na jakość nadruków kodów kreskowych na etykietach. Zmiany procentowe średnich badanych parametrów kodów kreskowych obrazują wykresy 1-2, gdzie spadek bądź wzrost wartości oznaczanego parametru zastąpiony został odpowiednio wartościami, które informują o tym, jaki procent stanowi dana wielkość w stosunku do wartości początkowej (weryfikacji wstępnej wynoszącej 100%).

Analizując zmiany wartości czterech współczynników charakteryzujących jakość nadruków kodów kreskowych można stwierdzić, że największe różnice obserwuje się w 4 tygodniu przechowywania, w zakresie średniej odchyłki szerokości kreski – ABD i współczynnika odbicia światła od spacji – RI. Widoczne jest tu minimalnie, aczkolwiek największe pogrubienie szerokości kreski wraz z pociemnieniem tła.

Nie można wysunąć jednoznacznych wniosków co do współczynnika Rd, ze względu na jego zmienną tendencję. Natomiast współczynnik PCS zmieniał się w zależności od zmian współczynników Rd i RI.

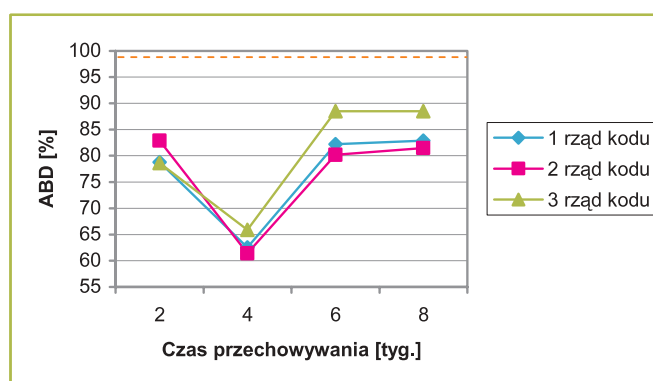
Kody we wszystkich analizowanych rzędach były czytelne przez weryfikator, co świadczy o wysokim kontraście

nadruku badanych prób. Również ocena wzrokowa badanych etykiet nie wykazała żadnych zmian w nadrukach kodów kreskowych.

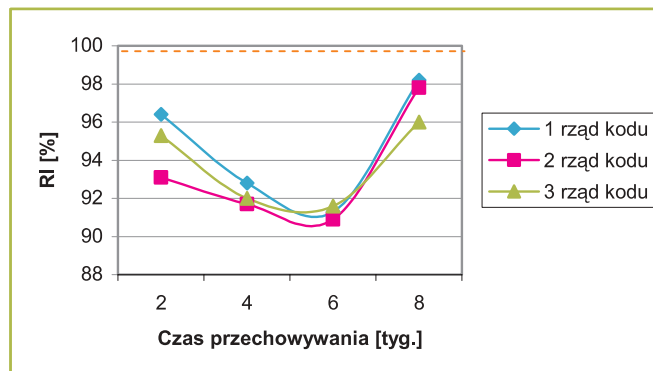
Ocena prób zakażonych zarodnikami *Aspergillus niger* po 2, 4, 6, 8 tyg. przechowywania

Działanie temperatury, wilgotności względnej powietrza i pleśni *A. niger* wpłynęło na jakość nadruków kodów kreskowych na etykietach logistycznych, poddanych zarówno ocenie organoleptycznej, jak i laboratoryjnej. Pomimo zmian jakości nadruków kodów, uzyskane wyniki mieszczą się w dopuszczalnych tolerancjach.

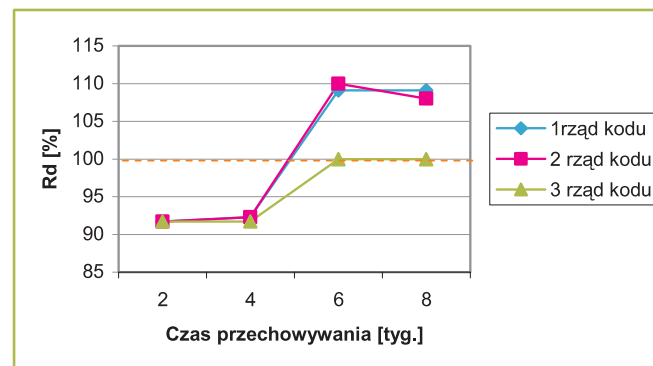
Zmiany procentowe średnich badanych parametrów kodów w badanym okresie czasu obrazują wykresy 3-6.



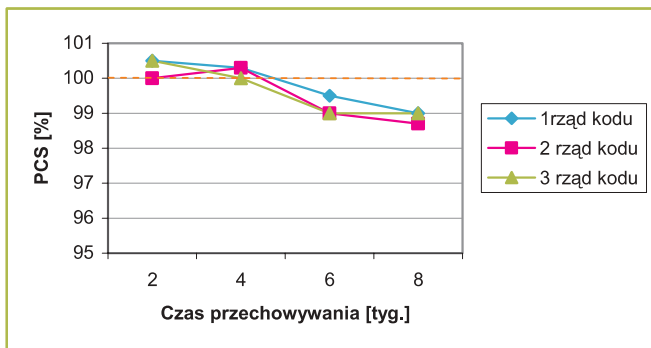
Wykres 3. Zależność średniej odchyłki szerokości kreski (ABD) od czasu przechowywania dla prób zakażonych *A. niger*



Wykres 4. Zależność współczynnika odbicia światła od spacji (RI) od czasu przechowywania dla prób zakażonych *A. niger*



Wykres 5. Zależność współczynnika odbicia światła od kreski (Rd) od czasu przechowywania dla prób zakażonych *A. niger*



Wykres 6. Zależność względnego współczynnika kontrastu (PCS) od czasu przechowywania dla próbek zakażonych A. Niger

Ocena organoleptyczna wykazała wzrost intensywności przebarwień podłoża – tła kodu, które wzrastało do 6 tygodnia przechowywania, natomiast w 8 tygodniu wzrost ten został zahamowany. Obserwacje te zostały potwierdzone w badaniach laboratoryjnych, bowiem współczynnik RI maleje do 6 tygodnia, poczym w 8 tygodniu gwałtownie wzrasta. Wzrost intensywności przebarwień może być związany z malejącym pH podłoża i niszczeniem papieru. Tego typu przebarwienie nie powoduje również jedna określona pleśń, a zespoły pleśni. W tym przypadku może to być *Cladosporium sp.*, która tak jak *A. niger* odpowiedzialna jest za szarobrązowe przebarwienia powstałe na papierze. Istotnym jest również fakt, że pleśń ta stanowiła mikroflorę powietrza komory klimatycznej w trakcie przechowywania próbek z *A. niger*.



Rys. 1. Próba zakażona *A. niger* po 2 tyg. przechowywania

Rys. 2. Próba zakażona *A. niger* po 4 tygodniach przechowywania



Rys. 3. Próba zakażona *A. niger* po 6 tyg. przechowywania

Rys. 4. Próba zakażona *A. niger* po 8 tyg. przechowywania

Widoczny gołym okiem wzrost intensywności nadruków kodów kreskowych do 6 tygodnia przechowywania, a według weryfikatora do 4 tygodnia, związany jest z malejącym parametrem ABD – pogrubienie kresek, i stosunkowo niskim współczynnikiem Rd – pociemnienie kresek. Jak wykazały badania weryfikatorem Autoscan II, po 6 tygodniu przechowywania ABD wzrasta razem z współczynnikiem Rd – następuje pociemnienie wraz z rozjaśnieniem kresek. Zjawisko to związane jest z nagromadzeniem się pleśni w miejscu nadruku kodu, gdzie dostępny był pokarm (skład taśmy barwiącej stanowią związki węgla) – stąd pociemnienie i pogrubienie nadruku kodu, a następnie wraz z wyczerpaniem się substratu i nagromadzeniem toksycznych produktów metabolizmu, prowadzącym do zahamowania wzrostu i wymarcia mikroorganizmów, następuje rozjaśnienie i pociemnienie kresek (reakcja taka nie miałyby miejsca, gdyby nie optymalne warunki klimatyczne towarzyszące rozwojowi mikroorganizmów).

Po 4 tygodniu przechowywania spadają również wartości współczynnika PCS, czyli maleje względny kontrast nadruku. Dzieje się tak ze względu na zmiany zachodzące w parametrach RI i Rd. Próby przez cały okres badań są czytane przez weryfikator.

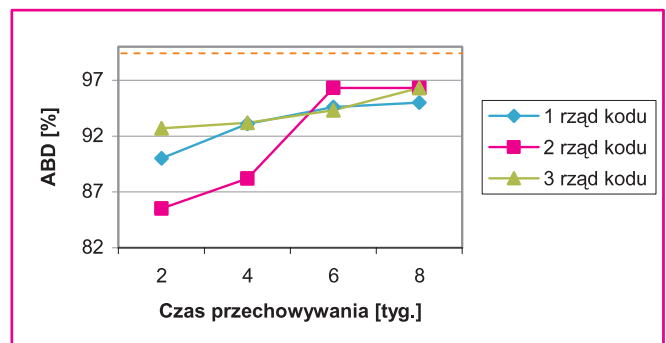
Ocena prób zakażonych zarodnikami *Rhizopus nigricans* po 2, 4, 6, 8 tyg. przechowywania

Przechowywanie zakażonych zarodnikami pleśni *Rhizopus nigricans* etykiet z nadrukami kodów kreskowych w temperaturze $38 \pm 2^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej powietrza $90 \pm 5\%$, w okresie 2, 4, 6, 8 tygodni, wywołało zmiany badanych parametrów kodów, które nie przekraczają jednak wymaganych wartości.

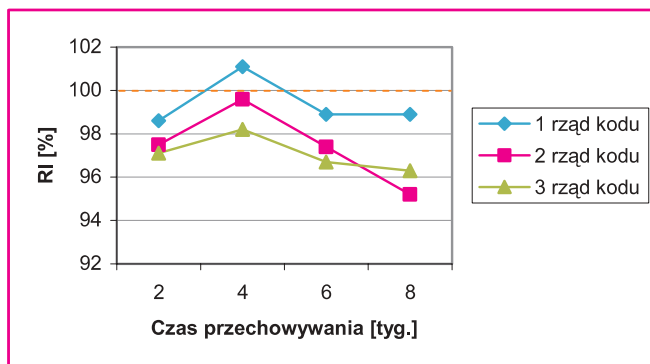
Zmiany procentowe średnich badanych parametrów kodów w badanym okresie czasu obrazują wykresy 7-10.

Ocena organoleptyczna nie wykazała żadnych znaczących zmian w nadrukach kodów kreskowych. *Rhizopus nigricans* nie wywołał przebarwień w podłożu kodu, a wzrost intensywności nadruku był średnio zauważalny.

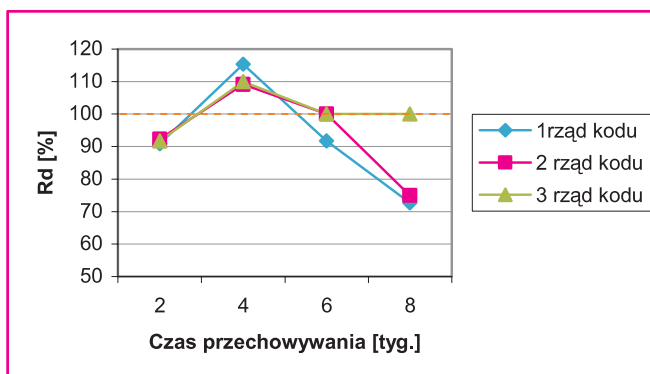
Analizując zmiany wartości czterech współczynników charakteryzujących jakość nadruku kodów kreskowych można stwierdzić, że największe różnice obserwuje się już w 2 tygodniu przechowywania. Zmiany te dotyczą głównie średniej odchyłki szerokości kreski, która osiąga maksymalne pogrubienie. Reakcja ta może być związana ze znaczną szybkością przyrostu masy (powiększaniem



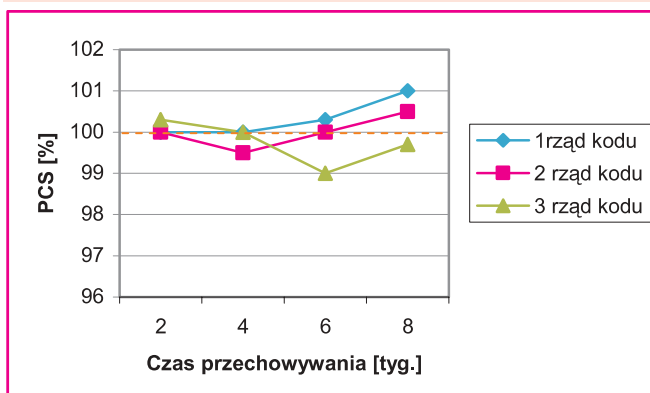
Wykres 7. Zależność średniej odchyłki szerokości kreski (ABD) od czasu przechowywania dla próbek zakażonych *R. nigricans*



Wykres 8. Zależność współczynnika odbicia światła od spacji (RI) od czasu przechowywania dla próbek zakażonych *R. nigricans*



Wykres 9. Zależność współczynnika odbicia światła od kreski (Rd) od czasu przechowywania dla próbek zakażonych *R. nigricans*



Wykres 10. Zależność względnego współczynnika kontrastu (PCS) od czasu przechowywania dla próbek zakażonych *R. nigricans*

rozmiarów komórek pleśni), przewyższającą szybkość zwiększania się liczby komórek (należy tu zaznaczyć, że średnica zarodników *R. nigricans* jest 2 – 3 razy większa od średnicy zarodników *A. niger*).

W 4 tygodniu przechowywania współczynniki odbicia światła od spacji oraz kreski wzrastają powodując jaśnienie tła i spadek intensywności nadruku kresek kodu. Być może powodowane było to zbyt dużą gęstością populacji i dlatego populacja ta zaczęła się zmniejszać przed całkowitym wyczerpaniem substancji odżywczych. Ta część osobników populacji, która przetrwała, przystosowała się do panujących warunków środowiskowych i dalej prowadziła procesy życiowe, o czym świadczy spadek współczynników RI i Rd, wskazujący na pociemnienie tła i kresek w nadrukach kodów.



Rys. 5. Próba zakażona *R. nigricans* po 2 tyg. przechowywania

Rys. 6. Próba zakażona *R. nigricans* po 4 tyg. przechowywania



Rys. 7. Próba zakażona *R. nigricans* po 6 tyg. przechowywania

Rys. 8. Próba zakażona *R. nigricans* po 8 tyg. przechowywania

Wartość względnego współczynnika kontrastu przez cały okres badań oscylowała wokół początkowych wyników pomiarów. Kontrast nadruku pozostawał wysoki, dlatego też wszystkie badane próby były czytane przez weryfikator.

Wnioski

1. Zastosowane warunki przechowywania (temperatura $38 \pm 2^\circ\text{C}$ i wilgotność względna powietrza $90 \pm 5\%$ symulujące klimat tropikalny mokry) miały niewielki wpływ na jakość nadruków kodów kreskowych na nie zakażonych mikroflorą termotransferowych etykietach logistycznych. Przez okres 2, 4, 6, 8 tygodni badań zmianie uległy następujące parametry:

- średnia odchyłka szerokości kreski ABD (minimalne poszerzenie się kresek nadruku),
- współczynnik odbicia światła od spacji RI (minimalne pociemnienie tła kodu),
- współczynnik odbicia światła od kreski Rd wykazywał zmienną tendencję.

2. Zakażenie etykiet zarodnikami pleśni *Aspergillus niger* i przechowywanie ich w warunkach symulujących klimat tropikalny wpłynęło na zmianę jakości nadruków kodów kreskowych na etykietach logistycznych. Zaistniałe zmiany przejawiały się w:

- pojawieniu się szarobrazowych przebarwień na powierzchni etykiet powodujących ciemnienie tła i kresek, wskazujące na spadek pH podłoża nadruku oraz świadczące o porastaniu etykiety przez *A. niger*,
- znaczącym poszerzeniu się średniej odchyłki szeroko-

ści kreski – ABD osiągającej maksimum w 4 tygodniu przechowywania, świadczące o zachowaniu właściwej ostrości krawędzi nadruku kresek,

- c) spadku współczynnika odbicia światła od spacji związanego z ciemnieniem tła, gdzie maksimum intensywności zmian przypadało na 6 tydzień przechowywania,
- d) wzroście intensywności zabarwienia kresek do 4 tygodnia przechowywania, charakteryzującego się spadkiem współczynnika Rd.

Zmiany powodowane obecnością *A. niger* wpłynęły na obniżenie wartości estetycznych etykiet, jednak nie wywołały destrukcyjnych zmian w nadrukach kodów, które wskazywałyby na niemożność odczytu badanych parametrów przez weryfikator.

3. Zakażenie etykiet zarodnikami pleśni *Rhizopus nigricans* i przechowywanie ich w warunkach symulujących klimat tropikalny wpłynęło również na zmianę jakości nadruków kodów kreskowych na etykietach logistycznych. Zaistniałe zmiany przejawiały się w:

- e) porastaniu nadruku kodu przez badaną pleśń,
- f) poszerzeniu się średniej odchyłki szerokości kreski –

ABD, osiągającej swoje maksimum w 2 tygodniu przechowywania, świadczące o zachowaniu właściwej ostrości krawędzi nadruku kresek,

- g) spadku współczynników odbicia światła od spacji RI i kreski Rd w 2, 6 i 8 tygodniu przechowywania, wskazujące na wzrost intensywności nadruku tła i kresek kodu; mimo tego parametry te w 4 tygodniu przechowywania wykazywały tendencję do wybarwienia kresek i jaśnienia tła.

Należy stwierdzić, że zmiany powodowane obecnością *R. nigricans* wpłynęły na wzrost intensywności odczytu nadruku kodów w badanym okresie czasu

4. Papier termotransferowy użyty do nadruków badanych kodów kreskowych okazał się odporny na działanie wysokiej temperatury i wilgotności oraz pleśni *R. nigricans*. W przypadku pleśni *A. niger* pogorszeniu uległy jedynie jego walory estetyczne, co nie przeszkadzało w odczycie kodu, dlatego podłoże termotransferowe należy uznać za odpowiednie do etykietowania opakowań w warunkach transportu i przechowywania w klimacie tropikalnym mokrym.